

2021年度 JPECフォーラム

# バイオリファイナリーの導入および事業戦略 に関する調査

2021年5月12日

一般財団法人石油エネルギー技術センター  
総務部調査情報グループ

1. 製油所を活用したバイオリファイナリーへの転換技術
  - HVO製造技術
  - Co-processing技術
2. 石油会社のバイオリファイナリー導入戦略
3. バイオリファイナリー導入に係る政策支援動向
4. バイオリファイナリーの事業性
5. まとめ

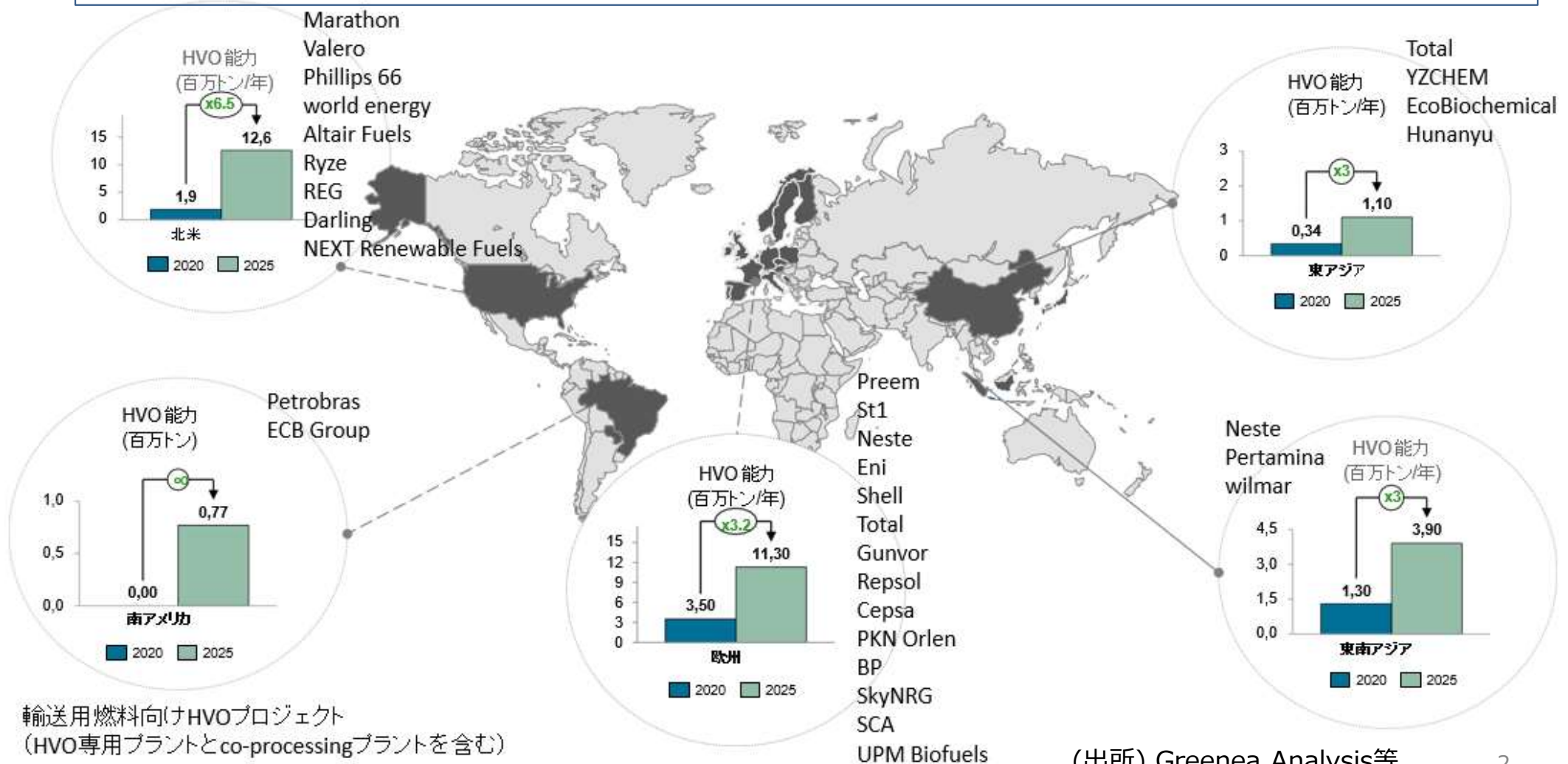
# 1. 製油所を活用したバイオリファイナリーへの転換技術

## ■ 世界の再生可能ディーゼル用HVO製造現況

GHG削減対策の一環として、製油所設備を活用した再生可能ディーゼル・ジェット燃料用のHVO\*製造が欧米で展開されている。

HVO製造能力は現在、欧州がリードしているが、米国では政府のインセンティブにより2020年に数多くのプロジェクトが独立系石油会社からアナウンスされた。

\*植物油や獣脂、廃食油等を水素化精製した基材



# 1. 製油所を活用したバイオリファイナリーへの転換技術

## ■ 製油所におけるバイオ燃料製造技術ステージ

廃食油やセルロース系バイオマス原料油を水素化精製装置やFCC装置で処理し、再生可能ディーゼルやサステナブルジェット燃料として流通が始まっている。

特に、現行の石油留分とバイオマス由来原料油を混合処理する**co-processing**技術について実用化への取り組みが進んでいる。

### 1. 商業ステージ

- ・廃食油、植物油、獣脂専用水素化処理  
製油所の水素化処理装置を改造または専用装置新設。

### 2. 導入普及ステージ

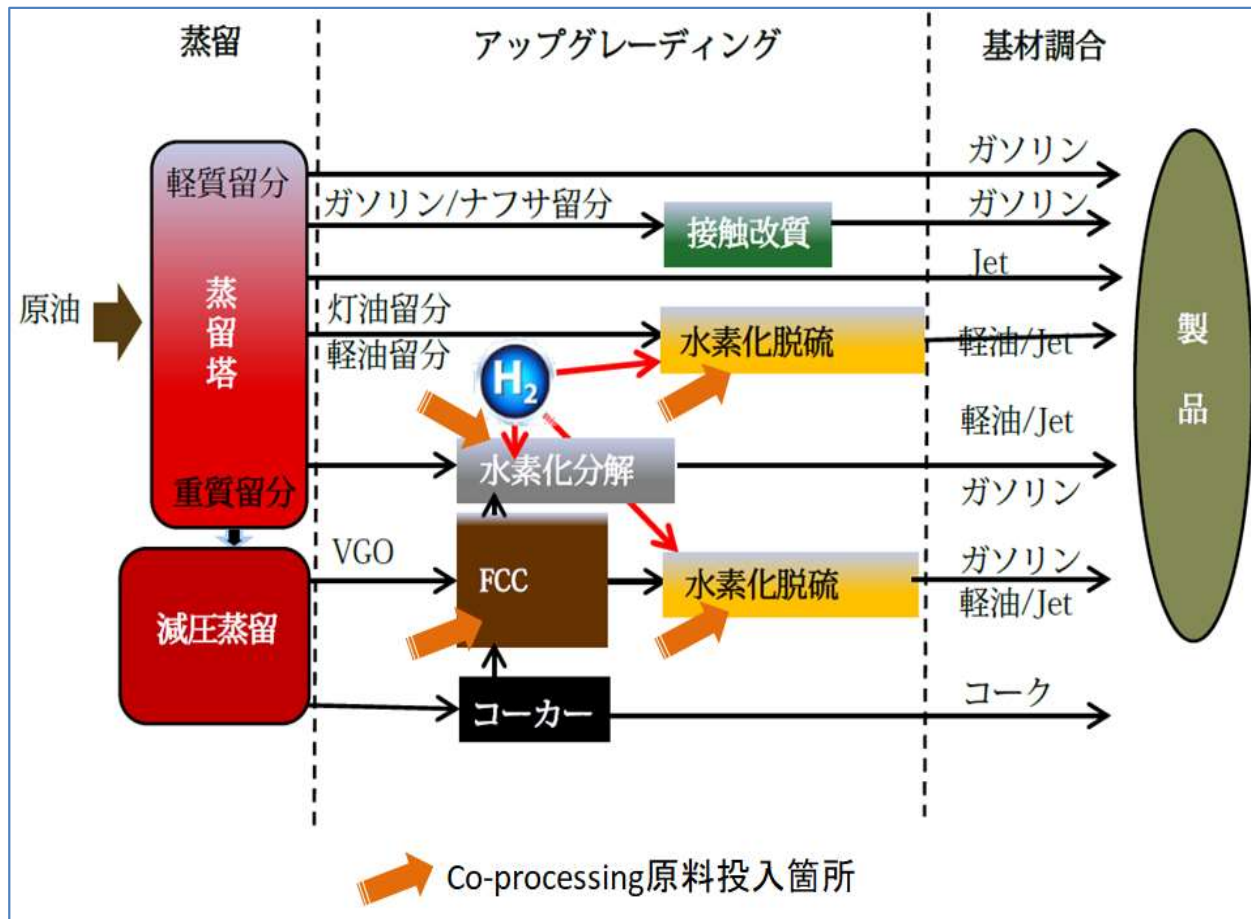
- ・植物油や獣脂、廃食油のco-processing  
実用化の報道あるも、原料や通油条件等の情報開示が少ない

### 3. 研究開発ステージ

- ・バイオマス原料の熱分解(pyrolysis)によるバイオ原油のco-processing
- ・バイオマス原料の水熱液化(HTL)によるバイオ原油のco-processing

# 1. 製油所を活用したバイオリファイナリーへの転換技術

## ■ 製油所Co-processingの技術動向



水素化処理装置による植物油燃料HVO製造に比べ、Co-processingは投入バイオ原料の性状による装置運転条件の確立に課題があるため、商業運転には検討時間を要する。

# 1. 製油所を活用したバイオリファイナリーへの転換技術

## ■ 欧米製油所でのCo-processing導入状況

### ① 運転実績

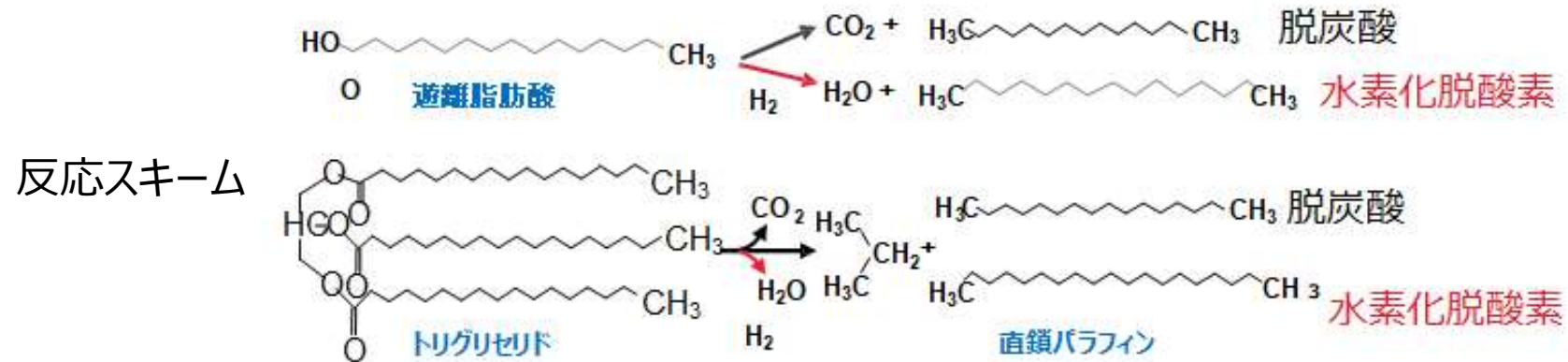
| 国      | 石油会社               | 製油所                                |
|--------|--------------------|------------------------------------|
| スウェーデン | Preem              | Göteborg製油所                        |
| スペイン   | Cepsa              | Tenerife製油所                        |
|        |                    | La Rabida製油所                       |
|        |                    | San Roque製油所                       |
|        | Repsol             | —                                  |
| ポルトガル  | Galp               | Sines製油所                           |
| アイルランド | Irving Oil         | Whitegate製油所                       |
| 英国     | Phillips 66        | Humber製油所                          |
| 米国     | Marathon Petroleum | Martinez製油所*<br>(2018年、Tesoroから買収) |

### ② 運転予定

| 地域 | 国      | 石油会社               | 製油所                                    | 備考                          |
|----|--------|--------------------|----------------------------------------|-----------------------------|
| 欧州 | スウェーデン | Neste              | Porvoo製油所                              | —                           |
|    | オーストリア | OMV                | Schwechat製油所                           | —                           |
|    | ギリシャ   | Hellenic Petroleum | Aspropyrgos製油所                         | —                           |
|    | スウェーデン | Preem              | Lysekil製油所                             | 熱分解油製造プラントを外部に新設。2021年末稼働予定 |
|    | ポーランド  | PKN ORLEN          | 非公表                                    | —                           |
| 北米 | 米国     | PBF Energy         | 加州Martinez製油所<br>(2019年Shellから買収)      | FCCでのco-processing予定        |
|    |        | BP                 | ワシントン州Cherry Point製油所                  | —                           |
|    |        | Chevron            | 加州El Segundo製油所                        | FCCでのco-processing予定        |
|    | カナダ    | Parkland Fuel      | ビクトリア州Burnaby製油所<br>(2017年Chevronから買収) | —                           |

# 1. 製油所を活用したバイオリファイナリーへの転換技術

## ■ 製油所でのHVO製造に向けた水素化精製装置の改造と対策（1/2）



典型的な再生可能ディーゼル変換プロジェクトは、工事期間約2年（新設の半分）。関連設備（電力、水、廃棄物、ユーティリティ、およびフレアシステム）が既に製油所に存在するため投資額の抑制が可能なメリットがあるが、次の課題への対応が必要。

### ➤ 高い発熱

石油ディーゼルの脱硫反応よりも発熱量が多いため、この熱回収用のリサイクル能力が重要。5万bpdで稼働する水素化処理装置は、再生可能ディーゼルに変換した場合、5,000bpdの原料処理に留まる。

### ➤ 緊急減圧システム

高い反応熱放出のため、リサイクルおよびクエンチシステムが故障した場合に反応を安全に管理するための緊急減圧システムが必要。反応器を急速減圧してフレアにし、反応を停止する。



# 1. 製油所を活用したバイオリファイナリーへの転換技術

## ■ 製油所でのHVO製造に向けた水素化精製装置の改造と対策 (2/2)

### ➤ 水素消費

水素を多量に消費するため水素容量が過剰な製油所は、転換プロジェクトに特に適している。水素製造能力に余力がない場合は追加の水素プラントの建設に予算を組む必要がある。

### ➤ フィードトレインの材質

遊離脂肪酸を多く含む原料は、腐食性の環境を作り出す可能性がある。水素不足による装置のガムや汚れ発生、水素追加による機器が高温水素侵食(HTHA)の可能性があり、フィード側の金属種の交換や液体リサイクルとフレッシュフィードと別々の予熱トレインの設置も有効。

### ➤ 水と二酸化炭素の生成

石油水素処理装置よりも大量の水と二酸化炭素を生成し、反応器の下流で潜在的な炭酸腐食を引き起こすため、反応塔エフルエント空気冷却システム (REAC)では、金属材料のアップグレードが必要になる場合がある。

たとえば、水が製油所のサワーウォーターストリッパーに送られると、水処理方法と再利用に影響を与える可能性がある。

### ➤ ヒートトレース

植物油と動物性脂肪は外気温度でワックス状になり固化するため、トラックや鉄道車両への積み込み、水素化処理装置への投入には、油脂を液化するためにパイプ、タンク、容器の温度を上げる蒸気または電気のヒートトレースシステム（熱追跡システム）が必要。



# 1. 製油所を活用したバイオリファイナリーへの転換技術

## ■ バイオリファイナリー導入に係る課題

欧州委員会主催Co-processing会議（2020年6月19日webinar）

→ 現状では域内での測定法は統一されていないため、共通のバイオ配合量測定法の必要性について議論

| EU加盟国  | 方 法             |
|--------|-----------------|
| フランス   | 収量増加分           |
| フィンランド | 高濃度バイオ由来品はC14測定 |
| ドイツ    | C14 測定          |
| イタリア   | 収量増加分           |
| ポーランド  | 収量増加分           |
| スペイン   | 収量増加分           |

バイオ燃料を扱う業界団体（FuelsEurope, EBB, EWABA）はC14測定を支持の立場であるが、スペイン石連AOPと代替燃料団体Art Fuels Forumは導入反対の立場を表明しており、共通分析法規格化には時間がかかる見込み。

米国加州では、先行してC14測定法が義務化されている。

## 2. 石油会社のバイオリファイナリー導入戦略

### ■ 石油企業のバイオ燃料製造戦略 (Total)

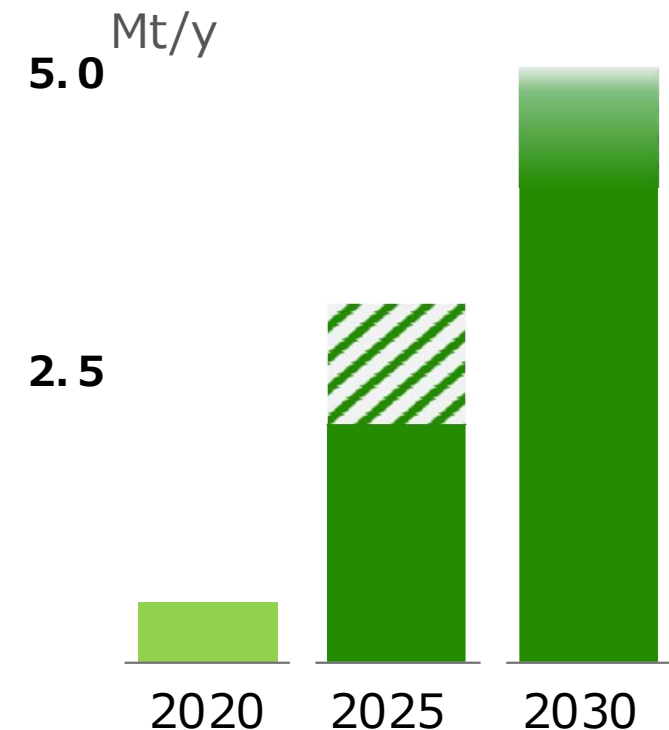
**Total Investor Day** 2020年9月29～30日オンライン開催  
“From Net Zero ambition to Total strategy”

既存設備とのシナジーを図りつつ、再生可能ディーゼルの供給リーダーを目指す

| 既存製油所設備<br>の転換                                                                                                                                    | Co-processing                                                                                             | 既存コンビナート<br>製油所に新設                                                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| La Mède(ラ・メード)<br>製油所転換済み:<br>500 kt/y<br><br>グランピュイ<br>(Grandpuits)製油所<br>をゼロ原油コンビナート<br>に転換<br>400 kt/y<br>運転開始 2024年<br><br>600-750 \$/t Capex | 欧州地域で、2022<br>～2025年に300<br>kt/y の生産<br><br>米国ポートアーサー<br>(Port Arthur)製油<br>所での検討中<br><br>～500 \$/t Capex | 韓国Daesan(テサン)<br>製油所に500 kt/y<br>の設備導入を検討<br>中<br><br>～750 \$/t Capex |

グラスルーツ投資(> 1,000 \$/t)ではなく、多種の原料に対応できる  
低コストの設備設計を行う

### 再生可能ディーゼル生産計画



営業キャッシュフロー-CFFO  
2019-20年 : 350 \$/t

## 2. 石油会社のバイオリファイナリー導入戦略

### ■ 石油企業のバイオ燃料製造戦略 (Total)

2020年9月24日リリース

同社ネット・ゼロ戦略の一環として、Grandpuits(グランピュイ)製油所の転換を発表

現行装置構成：CDU（10.1万bpd）、ビスブレーカー（1.3万bpd）、FCC（3万bpd）、  
接触改質（1.4万bpd）、アルキレーション（4.2千bpd）  
水素化分解や異性化装置なし

NCI： 7.1

（出所：OGJ 2020）



€500 million以上の投資後、2024年までにゼロ原油処理プラットフォームに転換

4つの事業でプラットフォームを構成

- ・再生可能ディーゼル、主にジェット燃料の製造  
廃棄物原料から年間40万トン
- ・バイオプラスチック(生分解性ポリ乳酸)の製造
- ・プラスチック・リサイクル  
フランス初、2023年運転開始
- ・太陽光発電プラントを2基稼働  
15MW

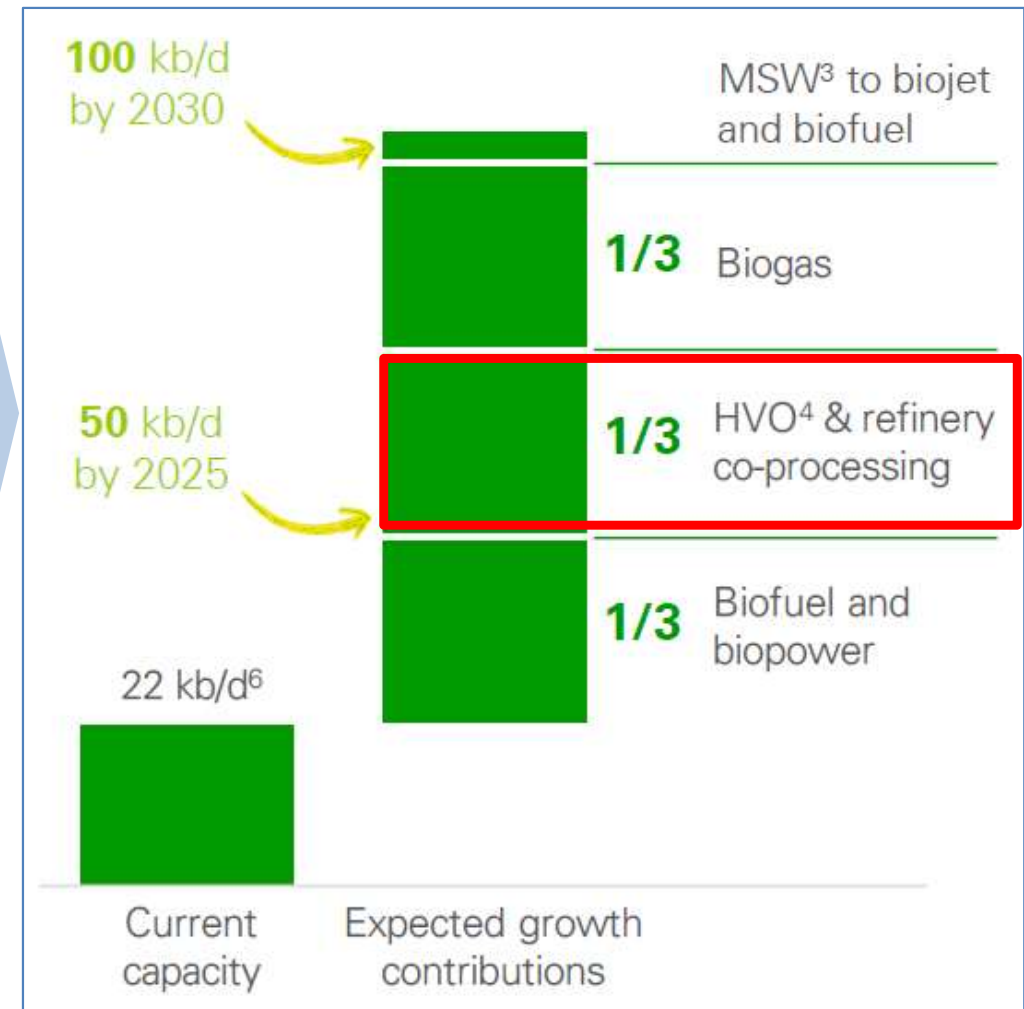
## 2. 石油会社のバイオリファイナリー導入戦略

### ■ 石油企業のバイオ燃料製造戦略（BP）

#### 4つのバイオエネルギービジネス（現状）

- バイオエタノールとバイオ発電  
エタノール製造規模 40 kb/d  
バイオ発電規模 1.2 TWh
- バイオガス  
米国で最大の輸送部門向け  
バイオガス供給
- バイोजェット  
Fulcrum とMSW（廃棄物からの  
燃料製造）技術で提携し、4カ国、  
11空港で燃料供給
- **HVO製造とco-processing**  
5製油所 6千bpd

#### バイオエネルギーの生産拡大



（出所）bp week 2020 Day Two 2020/9/15

## 2. 石油会社のバイオリファイナリー導入戦略

### ■ 石油会社のバイオ燃料製造戦略 (Repsol)

これまでのCo-processingによる対応に加え、スペイン初の再生可能ディーゼル専用プラントをCartagena製油所に建設と発表 (2020年10月22日)

投資額188百万ユーロ (水素プラント増設を含む)  
2023年稼働予定  
バイオ燃料生産量 25万トン/年(5千bpd)  
年間90万トンのCO2削減効果0

### □ Repsol 5 製油所の転換戦略



### □ Repsolを含むスペインの現行製油所能力

| 石油会社                 | 製油所所在地               | CDU (bpcd) | NCI  |
|----------------------|----------------------|------------|------|
| Repsol               | Cartagena(カルタヘナ)     | 220,000    | 8.8  |
|                      | La Coruna(ア・コルーニャ)   | 120,000    | 7.9  |
|                      | Puertollano(プエルトリャノ) | 150,000    | 10.1 |
|                      | Tarragona(タラゴナ)      | 186,000    | 6.6  |
| Petronor (Repsol子会社) | Bilbao(ビルバオ)         | 220,000    | 7.6  |
| BP                   | Castellon(カステリョン)    | 104,500    | 12.0 |
| Cepsa                | San Roque(サン・ロケ)     | 240,000    | 6.7  |
|                      | Hueva(ウエルバ)          | 100,000    | 11.3 |
|                      | Tenerife(テネリフェ)      | 87,000     | 4.6  |
| 合 計                  |                      | 1,427,500  | 8.4  |

(出所) OGJ、ICIS等をもとに作成

## 2. 石油会社のバイオリファイナリー導入戦略

### ■ 石油会社のバイオ燃料製造戦略（Phillips 66）

2020年8月12日リリース  
米国加州Rodeo製油所(12万bpd)を世界最大規模の再生可能燃料製造基地に  
転換するプロジェクトを発表  
投資額 750-800百万ドル

2021年 軽油用水素化脱硫装置 8千BPD の改造終了  
2022年第一四半期 最終投資決定（FID）  
2024年第一四半期 製油所転換完了 5万BPD生産開始



- ◆ GHG排出量が50%削減を期待  
⇒カリフォルニア州低炭素燃料基準クレジットを生成
- ◆ 前処理装置の新設、既存の水素化分解装置の改造  
⇒既存のユニットを活用する資本効率の高いプロジェクト
- ◆ 再生可能原料（廃食油、脂肪、グリース、獣脂、大豆油等）の処理  
⇒国内外原料調達のために海上ターミナルおよびレールラックを活用、原油処理は2023年末に停止
- ◆ 製品流通の優位性  
⇒港湾と製品ターミナルを統合したロジスティクスネットワークを通じた製品流通が可能



### 3. バイオリファイナリー導入に係る政策支援動向

#### ■ 米国加州のバイオ燃料導入支援

欧州では、再生可能エネルギー指令により各国にバイオ燃料の導入義務を課しているもの、実行にあたってのインセンティブの仕組みは国毎に異なっており、バイオ燃料配合に応じた燃料税の減免やクレジットの売買等が行われている。

米国ではバイオ燃料の導入促進のため、連邦と州政府がそれぞれ独自のクレジット制度を設け、事業者へのインセンティブとしている。

加州市場向けバイオ燃料供給・販売者は最大3種のクレジットを享受でき、設備投資の軽減が図れる。

|                  | 連邦                    | 加州独自                   | 連邦                                   |
|------------------|-----------------------|------------------------|--------------------------------------|
|                  | <b>RFS<br/>Credit</b> | <b>LCFS<br/>Credit</b> | <b>BTC<br/>(Blenders Tax Credit)</b> |
| コーンエタノール         | \$0.30/gallon         | \$0.58/gallon          | 0                                    |
| セルロース系エタノール      | \$1.10/gallon         | \$1.57/gallon          | \$1.00/gallon                        |
| <b>再生可能ディーゼル</b> | <b>\$0.85/gallon</b>  | <b>\$1.57/gallon</b>   | <b>\$1.01/gallon</b>                 |

- ・RIN市場、LCFS市場にて、GHG削減効果に応じてCredit額は変化する
- ・連邦BTCは定額の直接減税であり、投資回収計画に大きく寄与する
- ・なお、BTCは2022年末までの時限制度

### 3. バイオリファイナリー導入に係る政策支援動向

#### ■ 米国加州LCFS(低炭素燃料基準) 適合燃料製造計画

連邦のバイオ燃料政策RFSより厳格な低炭素燃料の導入を義務化しており、加州向け再生可能ディーゼル製造に向けた製油所の転換計画の発表が相次いでいる。

| 企業名                               | 場所              | 生産能力<br>(百万ガロン/年) | 設備投資額<br>(百万ドル) | 百万ガロン/年当<br>りの設備投資額 | 稼働時期     |
|-----------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------|---------------------|----------|
| Neste                             | Singapore       | 340               | 850             | 2.5                 | Yes      |
| REG                               | Geismar, LA     | 75                | 175             | 2.333333            | Yes      |
| Diamond Green Diesel<br>(Valero)  | Norco, LA       | 275               | 不明              | —                   | Yes      |
| Ryze Renewables (2<br>facilities) | Reno, NV        | 168               | 250             | 1.488095            | H2 2020  |
| Marathon                          | Dickinson, ND   | 183               | 470             | 2.568306            | Q4 2020  |
| CVR Energy                        | Wynnewood, OK   | 107               | 100             | 0.934579            | Q3 2021  |
| Diamond Green Diesel<br>Expansion | Norco, LA       | 400               | 1100            | 2.75                | H2 2021  |
| Marathon Petroleum                | Martinez, CA    | 736               | 不明              | —                   | 2022     |
| HollyFrontier                     | Cheyenne, WY    | 90                | 340             | 3.777778            | Q1 2022  |
| BKRF                              | Bakersfield, CA | 153               | 365             | 2.385621            | Q1 2022  |
| HollyFrontier                     | Artesia, NM     | 110               | 360             | 3.272727            | H1 2022  |
| Neste Expansion                   | Singapore       | 440               | 1600            | 3.636364            | Q1 2023  |
| Phillips 66                       | Rodeo, CA       | 800               | 750             | 0.9375              | Q1 2024* |
| Diamond Green Diesel<br>(Valero)  | Port Arthur, TX | 400               | 不明              | —                   | 投資判断待ち   |
| Omega Green Diesel                | Paraguay        | 250               | 800             | 3.2                 | 投資判断待ち   |

4527

\*2021年Q2に120 mmgyの生産開始  
1mmgpy≈65bpd

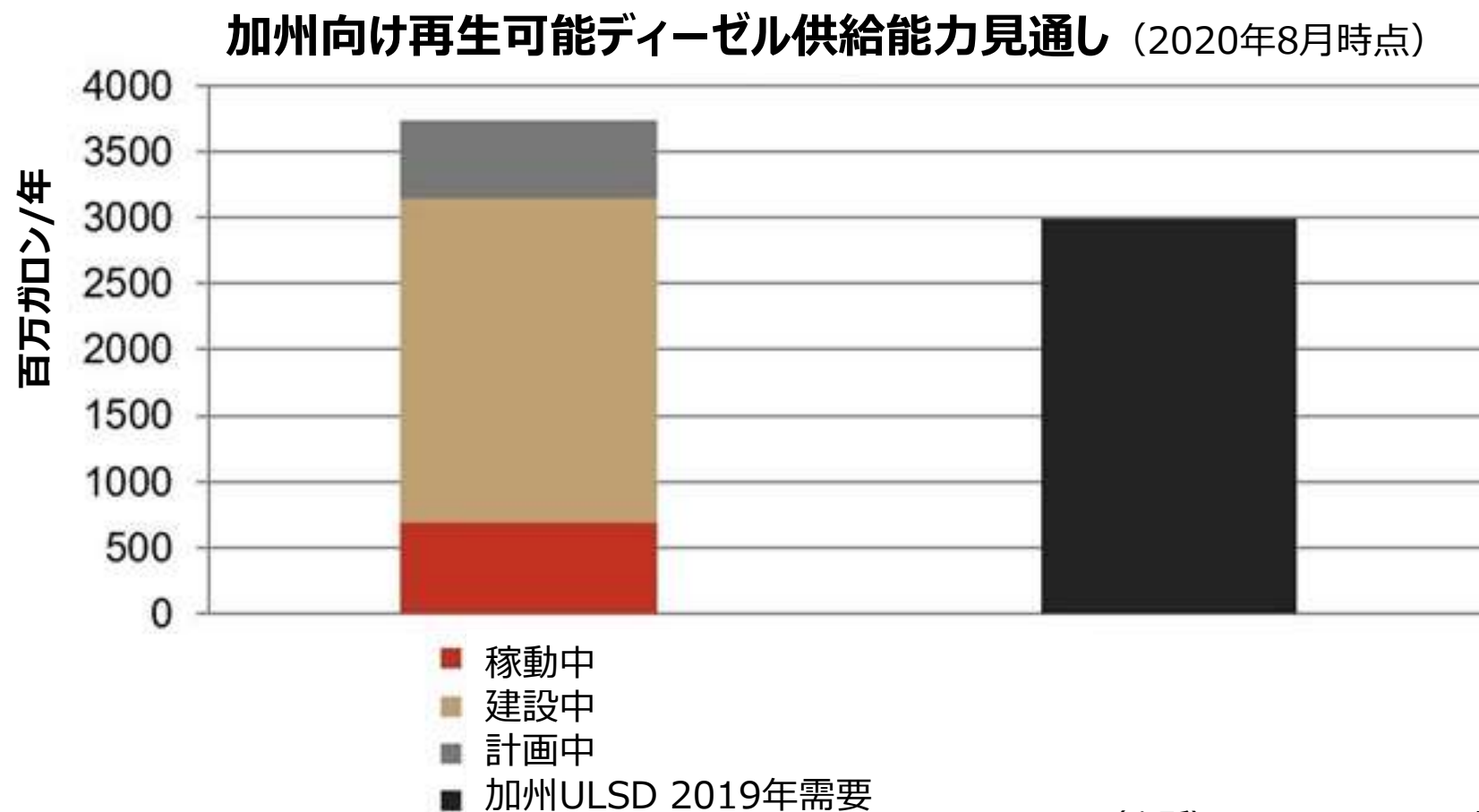
(出所) Stratas Advisors等をもとに作成

### 3. バイオリファイナリー導入に係る政策支援動向

#### ■ 米国の再生可能ディーゼル燃料市場

現在検討中の再生可能ディーゼルプロジェクトがすべて実現すると、加州の現行軽油消費量を超えることとなる。

そのため、余剰分は国内他州だけでなく、カナダや欧州への輸出も考えられる。



(出所) Stratas Advisors等

## 4. バイオリファイナリーの事業性

### ■ 再生可能ディーゼル原料UCOの流通

バイオ燃料導入を推進するEUは、再生可能ディーゼル製造用原料となる**UCO**を域内で調達できないため、世界各地からの輸入に依存している。

2020年の輸入比率は6割を超えており、そのうちアジアからが65%を占める状況であった。

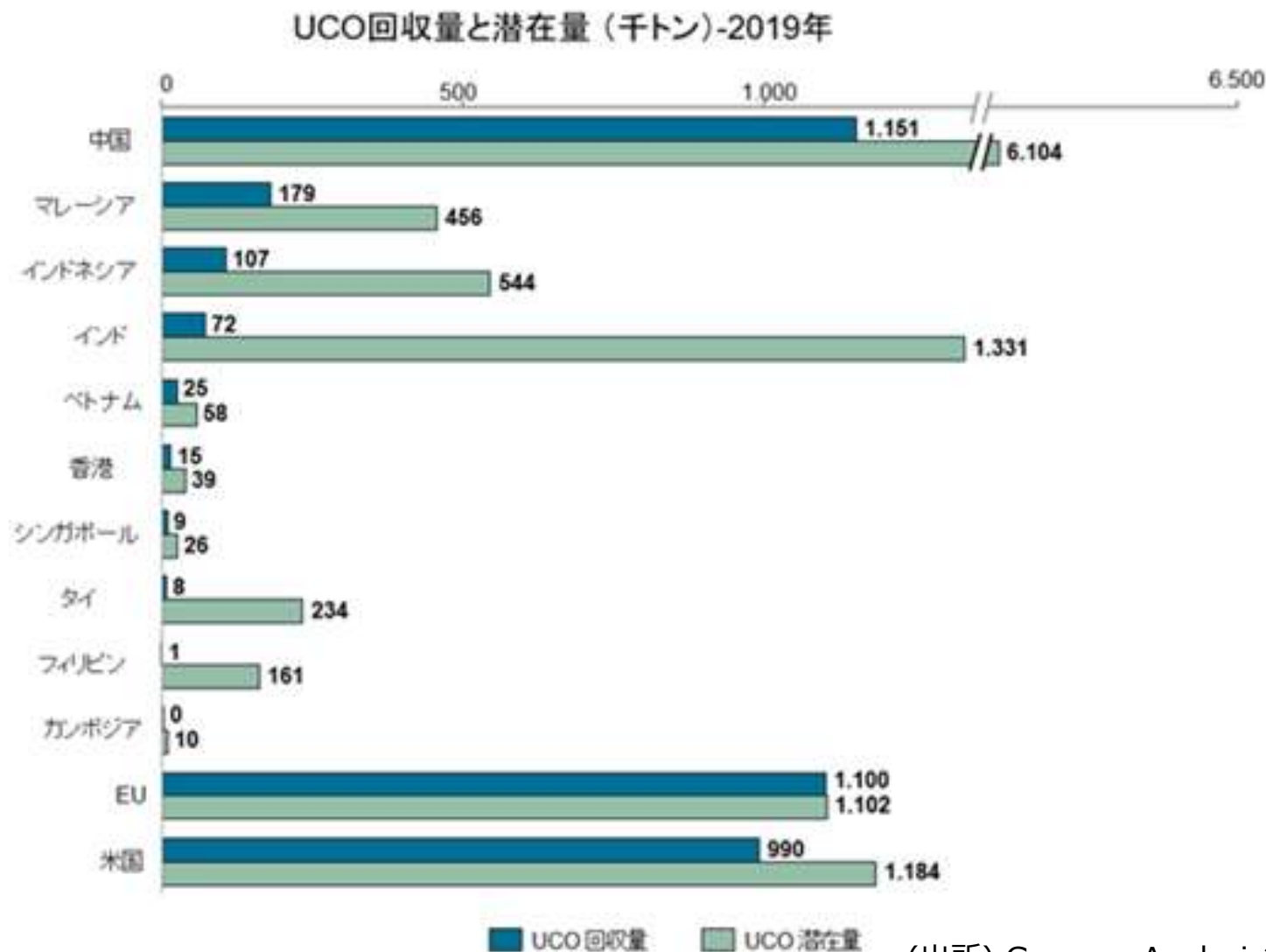


(出所) Greenea Analysis等

## 4. バイオリファイナリーの事業性

### ■ 再生可能ディーゼル原料UCOの潜在量と回収量

UCOは国内消費後の廃食油や国内消費・輸出向け食肉加工油脂も含まれている。  
インドでは5%程度の回収率、中国は回収率2割程度にとどまっているが、欧米では高い回収率を達成。



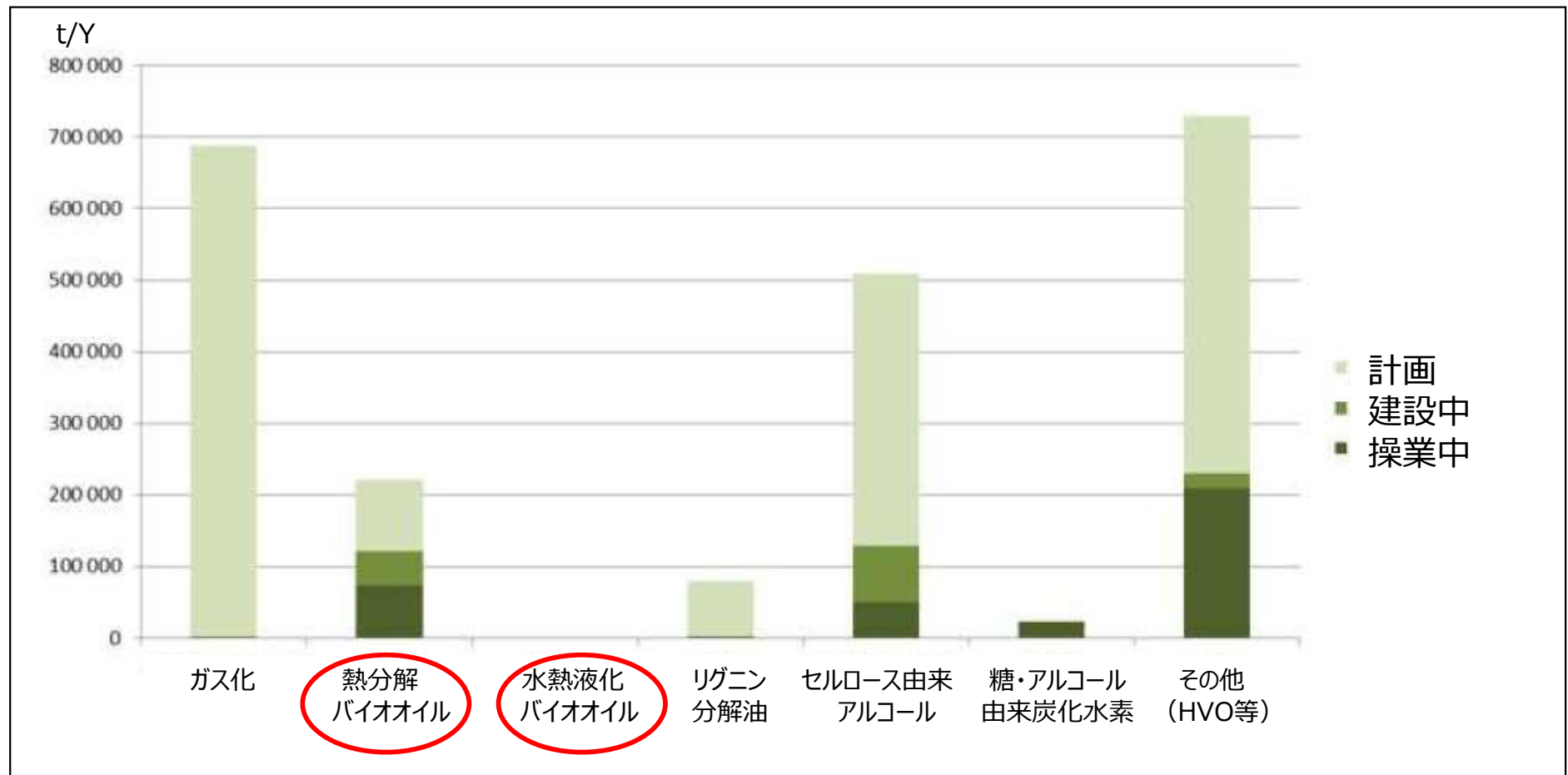
(出所) Greenea Analysis等

## 4. バイオリファイナリーの事業性

### ■ 欧州でのバイオ燃料製造設備建設計画

現状では、ガス化・FT合成プロセスやHVO製造の計画が多数。

多種のバイオマスからバイオ原油を製造する熱分解法や水熱液化法は、技術開発途上のため建設計画で見劣りするが、将来技術として期待されている。

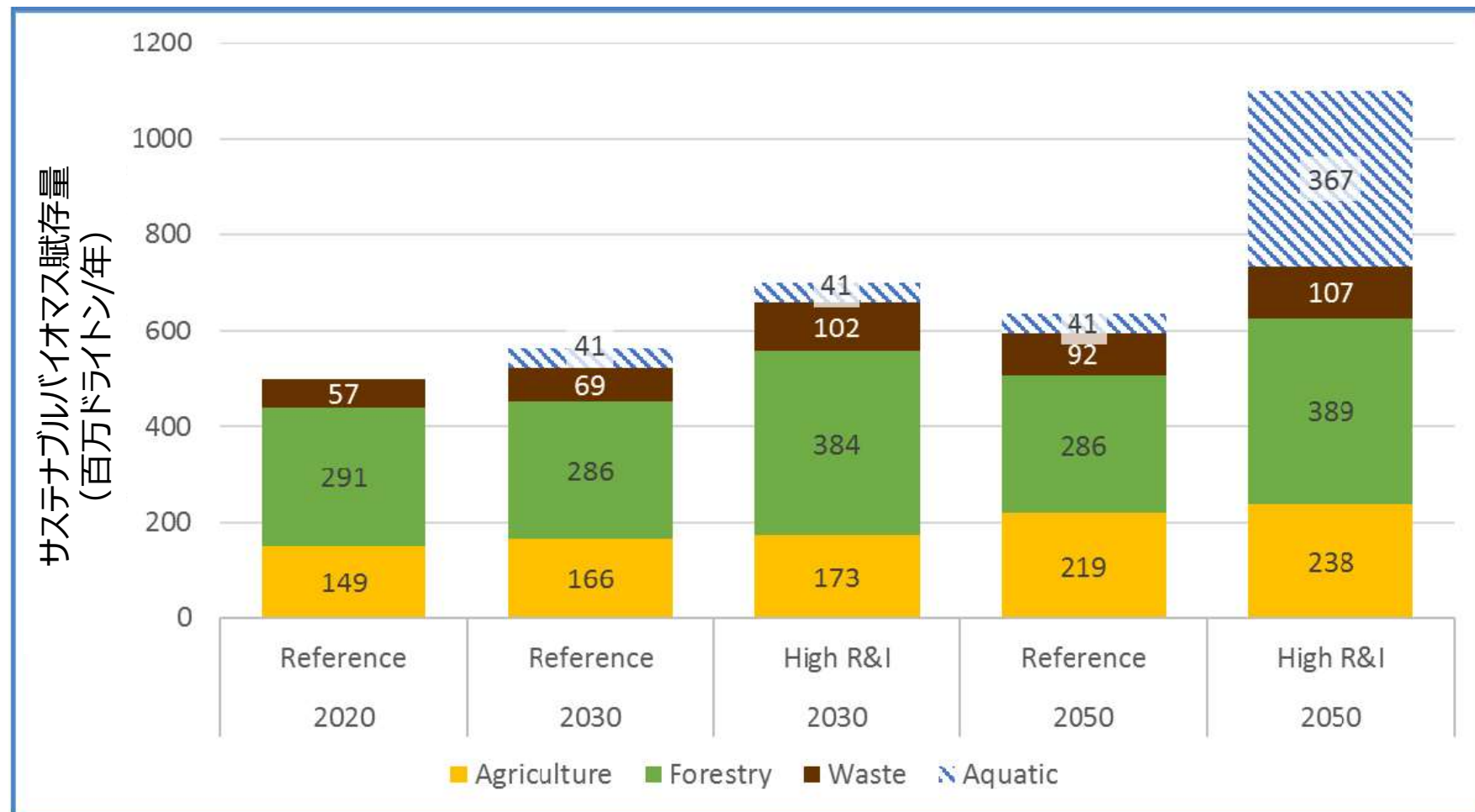




## 4. バイオリファイナリーの事業性

### ■ 欧州のエネルギー用サステナブルバイオマスの賦存量見込み

IEAの見通しでは、世界のバイオ燃料需要が伸び続ける場合、現在見込んでいる各国のバイオマス賦存量で賄うことが難しくなる可能性があり、今後、**新たなバイオマス資源の確保**と活用手段を開拓する必要がある。 2050年に向けバイオ燃料増産には、藻類バイオマスの確保が鍵になるとしている。



(出所) EC Research and Innovation perspective of the mid- and long-term Potential for Advanced Biofuels in Europe. November 2017

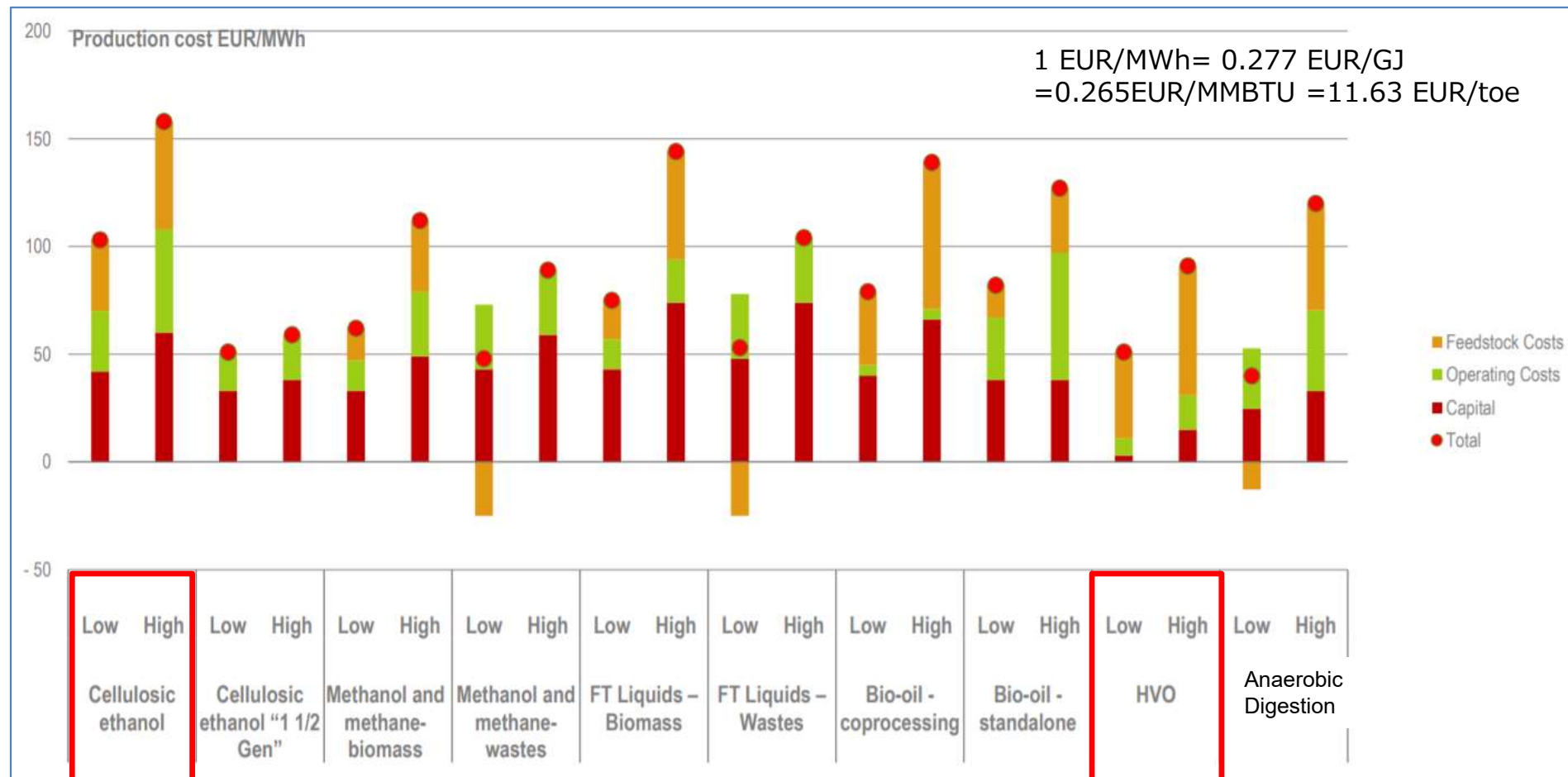


## 4. バイオリファイナリーの事業性

### ■ バイオ燃料製造コスト比較

IEAの試算では、HVO製造が他のバイオ燃料に比し、設備投資が格段に少なく、他のバイオ燃料と比べても製造コストが低くなるとしている。

現状では、セルロース系エタノール製造が最もコストのハードルが高い



### ➤ バイオリファイナリーへの転換技術

GHG削減対策の一環として、製油所設備を活用した**再生可能ディーゼル・ジェット燃料**の製造が欧米で展開されている。

特に、Co-processingは、現行の石油留分とバイオマス由来原料油を混合処理する技術として実用化への取り組みが進んでいる

### ➤ 石油会社のバイオリファイナリー導入動向

2020年、欧州ではTotalが新たに既存製油所をバイオリファイナリーに完全転換を発表したのに加え、BPやRepsolも製油所での再生可能ディーゼルの製造拡大のプロジェクトを公表した。

北米、特に加州においては、Phillips 66の製油所の完全転換が発表される等、独立系製油所でHVO製造プロジェクトが相次いで立ち上がっている。

計画が全て実現すると2025年には欧州を超える生産能力に達するとみられる。

### ➤ バイオリファイナリー導入に係る政策支援動向

米国ではバイオ燃料の導入促進のため、連邦と州政府がそれぞれ独自のクレジット制度を設け、事業者へのインセンティブとしている。

特に、加州市場では、連邦制度と合わせた クレジット制度が、設備投資軽減に寄与している。

### ➤ バイオリファイナリーの事業性

- 原料調達

バイオ燃料導入を推進するEUは、再生可能ディーゼル製造用原料となるUCOを域内で調達できないため、世界各地からの輸入に依存している。2020年の輸入比率は6割を超えており、そのうちアジアからが65%を占める状況であった。

IEAの見通しでは、世界のバイオ燃料需要が伸び続ける場合、現在見込んでいる各国のバイオマス賦存量で賄うことが難しくなる可能性があり、今後、新たなバイオマス資源の確保と活用手段を開拓する必要がある。

- 製造コスト

IEAの試算では、米国やブラジルで大量に生産されている第一世代バイオエタノールが最も低コストであるが、HVO製造コストは、試算の前提条件に幅があるものの比較的低コストでの生産が可能としている。

本調査は経済産業省・資源エネルギー庁の  
「令和 2 年度燃料安定供給政策に関する調査事業  
(石油産業に係る環境規制等に関する調査)」  
及び  
「令和 2 年度燃料安定供給対策に関する調査事業  
(製油所の競争力に係る技術動向に関する調査)」

として JPEC が実施しています。  
ここに記して、謝意を表します。